

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-297583

(43)Date of publication of application : 29.10.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/02

H01L 21/304

H01L 27/12

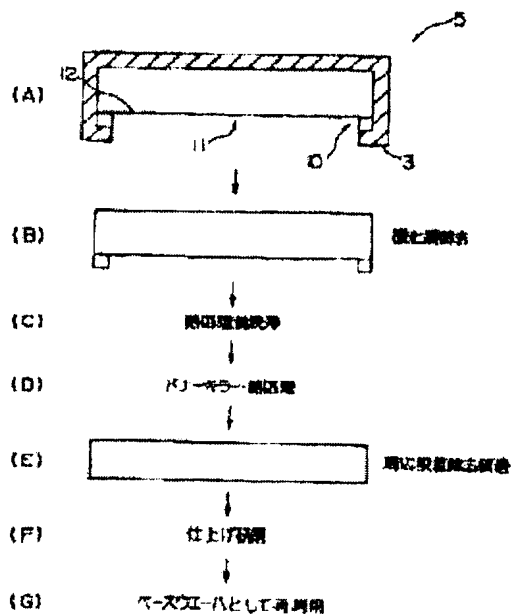
(21)Application number : 10-114176

(71)Applicant : SHIN ETSU HANDOTAI CO  
LTD  
SOI TEC

(22)Date of filing : 09.04.1998

(72)Inventor : KUWABARA NOBORU  
MITANI KIYOSHI  
WADA MASAE  
ANDRE JACQUES OVERTON  
HERBE

(54) METHOD OF REUSING PEELED WAFER AND WAFER TO BE REUSED



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for actually reusing a peeled wafer as silicon wafer, improve the productivity of SOI wafer, and reduce its cost by performing an appropriate reprocessing to the peeled wafer which is a by-product of a hydrogen-ion peeling method.

SOLUTION: In a method of reusing a peeled wafer as a silicon wafer, by performing an reprocessing to the peeled wafer which is a by-product produced during manufacturing SOI wafers by a hydrogen-ion peeling method, as reprocessing, a surface oxide film 3 is removed (B), and a donor killer heat treatment is

performed (D), next polishing is performed to remove steps on the periphery (E), and finally finish polishing is performed (F), which allows the peeled wafer to be reused.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-297583

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/02  
21/304  
27/12

6 2 2

H 0 1 L 21/02 Z  
21/304 6 2 2 W  
27/12 B

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-114176

(22) 出願日 平成10年(1998)4月9日

特許法第30条第1項適用申請有り 1997年11月10日 社  
団法人応用物理学会発行の「応用物理 第66巻 第11  
号」に発表

(71) 出願人 000190149

信越半導体株式会社  
東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

(71) 出願人 598054968

エス オー アイ テック エス・エー  
フランス国 38000 グルノーブル フィ  
ルマン グティエ プラサ 1

(72) 発明者 桑原 登

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半  
導体株式会社半導体磯部研究所内

(74) 代理人 弁理士 好宮 幹夫

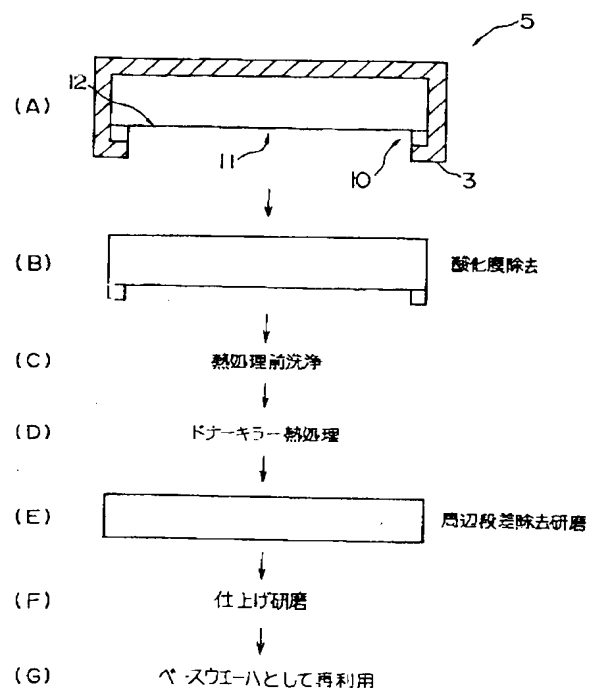
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 剥離ウエーハを再利用する方法および再利用に供されるシリコンウエーハ

(57) 【要約】

【課題】 水素イオン剥離法において副生した剥離ウエーハに、適切な再処理を施して、実際にシリコンウエーハとして再利用することができる方法を提供し、SOIウエーハの生産性の向上と、コストダウンを図る。

【解決手段】 水素イオン剥離法によってSOIウエーハを製造する際に副生される剥離ウエーハに、再処理を加えてシリコンウエーハとして再利用する方法において、前記再処理として、表面酸化膜を除去し、ドナーキラー熱処理を施し、次いで周辺の段差を除去する研磨を行い、最後に仕上げ研磨をすることを特徴とする剥離ウエーハを再利用する方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 水素イオン剥離法によってSOIウエーハを製造する際に副生される剥離ウエーハに、再処理を加えてシリコンウエーハとして再利用する方法において、前記再処理として少なくとも剥離ウエーハに周辺の段差を除去する研磨を行うことを特徴とする剥離ウエーハを再利用する方法。

【請求項2】 前記再処理として、周辺の段差を除去する研磨後、仕上げ研磨をすることを特徴とする請求項1に記載の剥離ウエーハを再利用する方法。

【請求項3】 前記再処理として、周辺の段差を除去する研磨前に、表面酸化膜を除去することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の剥離ウエーハを再利用する方法。

【請求項4】 前記再処理中に、剥離ウエーハにドナーキラー熱処理を施すことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の剥離ウエーハを再利用する方法。

【請求項5】 前記請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の方法で再処理された剥離ウエーハを、SOIウエーハのベースウエーハとして再利用することを特徴とする剥離ウエーハを再利用する方法。

【請求項6】 前記請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の方法で再処理された剥離ウエーハを、SOIウエーハのボンドウエーハとして再利用することを特徴とする剥離ウエーハを再利用する方法。

【請求項7】 前記請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の方法で再処理された剥離ウエーハを、シリコン鏡面ウエーハとして再利用することを特徴とする剥離ウエーハを再利用する方法。

【請求項8】 前記請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の方法で再処理されたことを特徴とする再利用に供されるシリコンウエーハ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、イオン注入したウエーハを結合後に剥離してSOI (silicon on insulator) ウエーハを製造する、いわゆる水素イオン剥離法(スマートカット法とも呼ばれている)において、副生される剥離ウエーハに再処理を加えてシリコンウエーハとして再利用する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、SOI構造のウエーハの作製法としては、酸素イオンをシリコン単結晶に高濃度で打ち込んだ後に、高温で熱処理を行い酸化膜を形成するSIMOX (separation by implanted oxygen) 法によるものと、2枚の鏡面研磨したシリコンウエーハを接着剤を用いることなく結合し、片方のウエーハを薄膜化する結合法が注目されている技術である。

【0003】SIMOX法は、デバイス活性領域となる

SOI層の膜厚を、酸素イオン打ち込み時の加速電圧で決定、制御できるために、薄膜でかつ膜厚均一性の高いSOI層を容易に得る事ができる利点があるが、埋め込み酸化膜の信頼性や、SOI層の結晶性、1300℃以上の温度での熱処理が必要である等問題が多い。

【0004】一方、ウエーハ結合法は、単結晶のシリコン鏡面ウエーハ2枚のうち少なくとも一方に酸化膜を形成し、接着剤を用いずに接合し、次いで熱処理(通常は1100℃～1200℃)を加えることで結合を強化し、その後片方のウエーハを研削や湿式エッチングにより薄膜化した後、薄膜の表面を鏡面研磨してSOI層を形成するものである。埋め込み酸化膜の信頼性が高くSOI層の結晶性も良好であるという利点がある。

【0005】しかし、機械的な加工により薄膜化しているため、薄膜化するのに大変な時間がかかる上に、片方のウエーハは粉等となって消失してしまうので、生産性が低く、著しいコスト高となってしまう。しかも、機械加工による研削・研磨では得られるSOI層の膜厚およびその均一性にも限界があるという欠点がある。尚、ウエーハ結合法は、シリコンウエーハ同士を結合する場合のみならず、シリコンウエーハとSiO<sub>2</sub>、SiC、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の絶縁性ウエーハと直接結合してSOI層を形成する場合もある。

【0006】最近、SOIウエーハの製造方法として、イオン注入したウエーハを結合後に剥離してSOIウエーハを製造する方法(水素イオン剥離法:スマートカット法と呼ばれる技術)が新たに注目され始めている。この方法は、二枚のシリコンウエーハのうち、少なくとも一方に酸化膜を形成すると共に、一方のシリコンウエーハの上面から水素イオンまたは希ガスイオンを注入し、該ウエーハ内部に微小気泡層(封入層)を形成させた後、該イオンを注入した方の面を酸化膜を介して他方のシリコンウエーハと密着させ、その後熱処理を加えて微小気泡層を劈開面として一方のウエーハを薄膜状に剥離し、さらに熱処理を加えて強固に結合してSOIウエーハとする技術(特開平5-211128号参照)である。この方法では、劈開面は良好な鏡面であり、SOI層の膜厚の均一性も高いSOIウエーハが比較的容易に得られている。そして、この水素イオン剥離法においても、シリコンウエーハ同士を結合する場合のみならず、シリコンウエーハにイオン注入して、これとSiO<sub>2</sub>、SiC、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の絶縁性ウエーハと直接結合してSOI層を形成する場合もある。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】このような水素イオン剥離法でSOIウエーハを作製すると、必然的に1枚のシリコンの剥離ウエーハが副生されることになる。従来、水素イオン剥離法においては、この副生した剥離ウエーハを再利用することによって、実質上1枚のシリコンウエーハから1枚のSOIウエーハを得ることができ

るので、コストを大幅に下げることができるとしていた。

【0008】ところが、このような剥離ウエーハの再利用は、概念としてはあるものの、実際に再利用した例はなく、具体的にどのようにして再利用すればよいのか不明であった。特に、本発明者らの調査では、剥離ウエーハはそのままでは、通常のシリコン鏡面ウエーハとして使用できるようなものではなく、ウエーハ周辺に段差があったり、表面にイオン注入によるダメージ層が存在したり、表面粗さが大きかったりするものであることがわかった。しかも、剥離ウエーハは、少なくとも剥離のための熱処理を受けており、CZウエーハを用いた場合には、ウエーハ中に酸素析出を起こしていたり、酸素ドナーの生成により、抵抗率が所望値に対して大幅にはずれていたこともある。

【0009】そこで、本発明はこのような問題点を鑑みなされたもので、水素イオン剥離法において副生した剥離ウエーハに、適切な再処理を施して、実際にシリコンウエーハとして再利用することができる方法を提供し、実際にSOIウエーハの生産性の向上と、コストダウンを図ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため本発明の請求項1に記載した発明は、水素イオン剥離法によってSOIウエーハを製造する際に副生される剥離ウエーハに、再処理を加えてシリコンウエーハとして再利用する方法において、前記再処理として少なくとも剥離ウエーハに周辺の段差を除去する研磨を行うことを特徴とする剥離ウエーハを再利用する方法である。

【0011】このように、水素イオン剥離法で副生した剥離ウエーハには周辺に段差があることが判明した。そこで、本発明では剥離ウエーハの再処理として、周辺の段差を研磨することによって除去することにした。剥離ウエーハの周辺の段差を研磨により除去するようにすれば、簡単に周辺の段差を除去できるとともに、剥離ウエーハ表面のダメージ層の除去および表面粗さの改善も同時にできる。

【0012】この場合、請求項2に記載したように、剥離ウエーハの再処理として、周辺の段差を除去する研磨後、仕上げ研磨をするのが好ましい。これは、周辺の段差を除去する研磨のみで研磨面を仕上げるより、複数段で研磨した方が研磨面の表面粗さあるいは平坦度等をより良好なものとすることができ、高品質の再利用ウエーハとすることができるからである。そして、仕上げ研磨も1段で行う必要は必ずしも無いので、2段あるいはそれ以上で行っても良い。

【0013】また、請求項3に記載したように、剥離ウエーハの再処理として、周辺の段差を除去する研磨前に、表面酸化膜を除去するのが好ましい。このように、周辺の段差を除去する研磨前に、表面酸化膜を除去して

おけば、均一に研磨をすることができる。すなわち、周辺の段差部に酸化膜が付着していると、より大きな段差となる上に、酸化膜はシリコンと硬度が異なるため、研磨において均一に研磨するのが難しくなる。

【0014】また、本発明の請求項4に記載した発明は、剥離ウエーハの再処理中に、剥離ウエーハにドナーキラー熱処理を施すことを特徴とする方法である。ドナーキラー熱処理を施すことによって、剥離熱処理等によって剥離ウエーハ中に発生した酸素ドナーを除去することができるので、剥離ウエーハの抵抗異常をなくすることができる。

【0015】次に、本発明の請求項5に記載した発明は、前記請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の方法で再処理された剥離ウエーハを、SOIウエーハのベースウエーハとして再利用する方法であり、また、本発明の請求項6に記載した発明は、前記請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の方法で再処理された剥離ウエーハを、SOIウエーハのボンドウエーハとして再利用する方法であり、さらに、本発明の請求項7に記載した発明は、前記請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の方法で再処理された剥離ウエーハを、シリコン鏡面ウエーハとして再利用する方法である。

【0016】このように、本発明で再処理された剥離ウエーハは、表面が均一に研磨されているので、二枚のシリコンウエーハを貼り合わせてSOIウエーハを作製する場合のベースウエーハあるいはボンドウエーハとして用いることができるし、通常のシリコン鏡面ウエーハとしても用いることができる。特に、CZウエーハから副生された剥離ウエーハをベースウエーハあるいは通常のシリコン鏡面ウエーハとして用いる場合には、再処理された剥離ウエーハ中に剥離熱処理等により酸素析出が発生しているので、これがゲッタリング効果を発揮するために好適なものとなる。また、FZウエーハから副生された剥離ウエーハあるいはエピタキシャル層を有する剥離ウエーハの場合には、CZウエーハのようにCOP (Crystal Originated Particle) や酸素析出物といった結晶欠陥がないので、ボンドウエーハとして再利用するのに好適である。

【0017】そして、本発明の請求項8に記載した発明は、前記請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の方法で再処理されたことを特徴とする再利用に供されるシリコンウエーハである。上述のように、本発明で再処理された剥離ウエーハは、シリコンウエーハとして再利用できるウエーハとなる。この場合、水素イオン剥離法において予め用いる剥離される側のウエーハの厚さを厚くしておき、研磨による再処理後、再利用において所望とされるウエーハの厚さとなるようにすればよい。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明するが、本発明はこれらに限定され

るものではない。ここで、図1は水素イオン剥離法でSOIウエーハを製造する方法によるSOIウエーハの製造工程の一例を示すフロー図である。また、図2は本発明の剥離ウエーハを再処理して再利用する方法の一例を示す工程フロー図である。

【0019】以下、本発明を2枚のシリコンウエーハを結合する場合を中心に説明する。まず、図1の水素イオン剥離法において、工程(a)では、2枚のシリコン鏡面ウエーハを準備するものであり、デバイスの仕様に合った基台となるベースウエーハ1とSOI層となるボンドウエーハ2を準備する。次に工程(b)では、そのうちの少なくとも一方のウエーハ、ここではボンドウエーハ2を熱酸化し、その表面に約0.1 $\mu\text{m}$ ～2.0 $\mu\text{m}$ 厚の酸化膜3を形成する。

【0020】工程(c)では、表面に酸化膜を形成したボンドウエーハ2の片面に対して水素イオンまたは希ガスイオンを注入し、イオンの平均進入深さにおいて表面に平行な微小気泡層(封入層)4を形成させるもので、この注入温度は25～450℃が好ましい。工程(d)は、水素イオン注入したボンドウエーハ2の水素イオン注入面に、ベースウエーハ1を酸化膜を介して重ね合わせて密着させる工程であり、常温の清浄な雰囲気下で2枚のウエーハの表面同士を接触させることにより、接着剤等を用いることなくウエーハ同士が接着する。

【0021】次に、工程(e)は、封入層4を境界として剥離することによって、剥離ウエーハ5とSOIウエーハ6(SOI層7+埋込み酸化膜3+ベースウエーハ1)に分離する剥離熱処理工程で、例えば不活性ガス雰囲気下約500℃以上の温度で熱処理を加えれば、結晶の再配列と気泡の凝集とによって剥離ウエーハ5とSOIウエーハ6に分離される。

【0022】そして、工程(f)では、前記工程(d)(e)の密着工程および剥離熱処理工程で密着させたウエーハ同士の結合力では、そのままデバイス工程で使用するには弱いので、結合熱処理としてSOIウエーハ6に高温の熱処理を施し結合強度を十分なものとする。この熱処理は例えば不活性ガス雰囲気下、1050℃～1200℃で30分から2時間の範囲で行うことが好ましい。なお、工程(c)の剥離熱処理と工程(f)の結合熱処理を連続的に行ったり、また、工程(e)の剥離熱処理と工程(f)の結合熱処理を同時に兼ねるものとして行ってもよい。

【0023】次に、工程(g)は、タッチポリッシュと呼ばれる研磨代の極めて少ない鏡面研磨の工程であり、SOI層7の表面である劈開面に存在する結晶欠陥層の除去と表面粗さを除去する工程である。以上の工程を経て結晶品質が高く、膜厚均一性の高いSOI層7を有する高品質のSOIウエーハ6を製造することができる(工程(h))。

【0024】このような水素イオン剥離法においては、

図1(e)工程において、剥離ウエーハ5が副生されることになる。水素イオン剥離法によって作製されるSOI層の厚さは、通常0.1～1.5ミクロン程度で、厚くとも2ミクロン以下であるので、剥離ウエーハ5は十分な厚さを有する。したがって、これをシリコンウエーハとして再利用すれば、SOIウエーハの製造コストを著しく下げることが可能となる。

【0025】ところが、図2(A)に剥離ウエーハの拡大模式図を示したように、この剥離ウエーハ5の周辺部には段差10が発生し、そのままではシリコンウエーハとして使用できないものとなることがわかった。この周辺の段差10は、ボンドウエーハの周辺部がベースウエーハと結合されずに未結合となることから発生するものである。従って、この段差の高さは、SOI層の厚さと埋め込み酸化膜3の厚さを足した程度のものとなる。

【0026】また、剥離ウエーハの剥離面11には、水素イオン注入によるダメージ層12が残存し、その表面粗さも、通常の鏡面ウエーハに比べて悪いものであることがわかった。特に、局所的な表面粗さが悪く、アルカリエッチングのような選択性のあるエッチングを施すと、深いピットが形成されてしまうことがわかった。

【0027】さらに、この剥離ウエーハ5は、少なくとも約500℃以上の剥離熱処理を受けており、CZウエーハのような酸素を含むウエーハをボンドウエーハとして用いた場合には、酸素ドナーが発生してウエーハの抵抗が異常値を示すような不都合を生じることもある。

【0028】そこで、本発明者らは、上記のような問題を解決すべく、水素イオン剥離法において副生した剥離ウエーハに、適切な再処理を施して、実際にシリコンウエーハとして再利用する方法を検討した結果本発明に到ったものである。すなわち、まず本発明では、水素イオン剥離法によってSOIウエーハを製造する際に副生される剥離ウエーハに生じる周辺の段差を、研磨により除去するようにした。

【0029】このように、剥離ウエーハの周辺の段差を研磨により除去するようにすれば、簡単に周辺の段差を除去できる。例えば、SOI層の厚さが0.2ミクロンである場合には、1ミクロン程度の研磨代で完全に段差を除去することができる。しかも、研磨により周辺の段差を除去する際に、同時に剥離ウエーハ表面のダメージ層の除去および表面粗さの改善もできる。

【0030】この場合、剥離ウエーハの再処理としては、周辺段差を除去する研磨後、仕上げ研磨をするのが好ましい。これは、周辺の段差を除去する研磨のみで研磨面を仕上げるより、より目の細かい研磨材を用いて複数段で研磨した方が研磨面の表面粗さや平坦度等をより良好なものとしてことができ、通常のシリコン鏡面ウエーハの表面粗さあるいは平坦度と同等の品質を達成することができるからである。なお、この仕上げ研磨も1段で行う必要は必ずしも無く、2段あるいはそれ以上で行

っても良い。

【0031】また、本発明においては、剥離ウエーハの再処理として、周辺の段差を除去する研磨前に、表面酸化膜3を除去するのが好ましい。これは、周辺の段差10を除去する研磨前に、表面酸化膜3を除去しておく方が均一に研磨をすることができるからである。すなわち、周辺の段差部10に酸化膜3が付着していると、段差が一段と高いものとなるし、酸化膜はシリコンと硬度が異なるため、剥離ウエーハ面内が均一に研磨され難くなるからである。酸化膜の除去は、剥離ウエーハをフッ酸中に浸漬することによって簡単に行うことができる。

【0032】こうして、剥離ウエーハ周辺部にある段差、剥離面にある水素イオン注入によるダメージ層、および剥離面の表面粗さを除去することができ、通常の鏡面ウエーハに比べ何の遜色もない表面を持つ再利用ウエーハを得ることができる。

【0033】また、本発明において剥離ウエーハがCZウエーハである場合においては、剥離ウエーハの再処理中に、ドナーキラー熱処理を施すのが望ましい。剥離ウエーハは、約500℃以上の剥離熱処理によって剥離されるので、当然そのような低温熱処理を受けていることになる。CZウエーハのように酸素を含むシリコンウエーハに低温熱処理を施すと酸素ドナーが発生し、例えばp型シリコンウエーハの抵抗率が異常に高くなる等の現象が生じることがあることは良く知られている。したがって、水素イオン剥離法によって副生される剥離ウエーハにおいても、剥離熱処理によって酸素ドナーが生じ、剥離ウエーハの抵抗率が異常になることがある。このため、例えばウエーハの厚さを測定する際に一般的に使用されている静電容量方式の測定器で剥離ウエーハの厚さを測定することができないといった問題が生じる。

【0034】したがって、本発明では再処理中にドナーキラー熱処理を施すことによって、剥離熱処理等によって剥離ウエーハ中に発生した酸素ドナーを消去し、剥離ウエーハの抵抗異常をなくすようにした。このドナーキラー熱処理としては、一般に行われているように600℃以上の熱処理を加えれば良く、慣用されている方法としては、例えば650℃で20分の熱処理をするようにすればよい。

【0035】そして、剥離ウエーハの再処理中には、ウエーハの洗浄あるいはエッチングが行われることが多く、特に上記のように熱処理をする前には、熱処理においてウエーハを汚染しないように洗浄、エッチングが行われることが多い。この場合、本発明のような剥離ウエーハは、局所的な表面粗さが悪く、ダメージ層も有するので、アルカリエッチングのような選択性のあるエッチングあるいは洗浄を施すと、深いピットが形成されてしまい、後の研磨工程で研磨代を多くする等の対策が必要

となるので好ましくない。

【0036】こうして、上記本発明の方法によって再処理されたシリコンウエーハは、通常のシリコン鏡面ウエーハと全く同じ均一に研磨された面状態を有するので、貼り合わせSOIウエーハの原料ウエーハとして用いることができるし、通常の集積回路等の作製用のシリコンウエーハとして用いてもよい。また、いわゆるエピタキシャルウエーハのサブストレートとして用いてもよく、特にその再利用の用途は限定されるものではない。

【0037】この場合、本発明の再処理された剥離ウエーハをベースウエーハあるいは通常のシリコン鏡面ウエーハとして用いる場合には、再処理された剥離ウエーハ中には、水素イオン注入前の熱酸化処理（通常900℃以上）、および約500℃以上といった剥離熱処理により酸素析出が発生しているため、これがいわゆるイントリンシックゲッターリング効果（IG効果）を発揮するために好適なものとなる。また、剥離ウエーハをSOIウエーハを作製する際のベースウエーハあるいはボンドウエーハとして用いれば、実質上1枚のシリコンウエーハから1枚のSOIウエーハを得ることができるので、SOIウエーハの製造コストを著しく減少させることができる。

【0038】なお、本発明で再処理された剥離ウエーハは、所望のシリコンウエーハとして再利用されるが、水素イオン剥離法において予め用いる剥離される側のウエーハであるボンドウエーハの厚さを、再利用ウエーハが必要とされる厚さより若干厚くしておき、研磨による再処理後、再利用において所望とされるウエーハの厚さとなるようにする。

【0039】ただし、前述のように、本発明で剥離ウエーハの周辺の段差を研磨により除去するには、SOI層の厚さにもよるが、たかだか1ミクロン程度の研磨代で完全に段差を除去することができるし、その後の仕上げ研磨、エッチングをとまなう洗浄等を行っても全体で10ミクロン以下の取り代で充分である。したがって、用いるボンドウエーハの厚さを予め厚くするのも、問題となるようなものではない。

【0040】

【実施例】以下、本発明の実施例を挙げて具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

（実施例）導電型がp型で抵抗率が $20\Omega \cdot \text{cm}$ 、直径が150mmのシリコン鏡面ウエーハを用い、図1（a）～（h）に示す工程に従った水素イオン剥離法によりSOIウエーハを製造した。ボンドウエーハ2の厚さは、ベースウエーハ1の厚さの平均で約8ミクロン厚いものを用いた。SOI層の厚さは0.2ミクロンとし、その他イオン注入等の主な条件は次の通りである。

- 1) 埋込み酸化膜厚：400nm（0.4ミクロン）、
- 2) 水素注入条件： $\text{H}^+$  イオン、注入エネルギー 69keV

注入線量  $5.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$

3) 剥離熱処理条件:  $\text{N}_2$  ガス雰囲気下、 $500^\circ\text{C} \times 30$ 分

4) 結合熱処理条件:  $\text{N}_2$  ガス雰囲気下、 $1100^\circ\text{C} \times 2$ 時間

【0041】こうして厚さ0.2ミクロンのSOI層を有する高品質のSOIウエーハを作製することができたが、図1の工程(e)で剥離ウエーハ5が副生された。この剥離ウエーハを図2の工程(A)～(G)にしたがい再処理を加えて、ベースウエーハとして再利用することにした。

【0042】まず、図2(A)の、未処理の剥離ウエーハ5の周辺形状を、触針式粗さ計でスキャンすることによって測定した。その測定結果を図3(A)に示した。この図から明らかであるように、剥離ウエーハ5の周辺部には貼り合わせ時に周辺で未結合となった部分に起因する段差10が生じている。そして、その周辺の段差10の高さは、SOI層の厚さ(0.2ミクロン)と酸化膜の厚さ(0.4ミクロン)を加えた値程度以上となることがわかる。

【0043】また、図2(A)の、未処理の剥離ウエーハ5の剥離面11の表面粗さを位相シフト干渉法により250ミクロン角で測定し、原子間力顕微鏡法により1ミクロン角で測定したところ、それぞれRMS値(自乗平均平方根粗さ)で、平均0.43nmと8.3nmであった。この値は、通常の鏡面研磨されたシリコンウエーハの表面粗さより非常に悪い値であり、特に1ミクロン角での値は通常の10倍以上の値で、剥離面は局部的な面粗れが大きいことがわかる。

【0044】次に、図2(B)では、剥離ウエーハをフッ酸中に浸漬することによって、表面の酸化膜3を除去した。フッ酸は、 $\text{HF} 50\%$ 水溶液とした。そして、酸化膜を除去した剥離ウエーハの周辺形状を再び触針式粗さ計でスキャンすることによって測定し、その結果を図3(B)に示した。この図から明らかであるように、剥離ウエーハ5の周辺部にはSOI層の厚さ(0.2ミクロン)より若干高い段差が生じていることがわかる。

【0045】次に、図2(C)では、剥離ウエーハを汚染しないように、熱処理前洗浄をした。この洗浄は、いわゆるRCA洗浄として広く知られている、(アンモニア/過酸化水素水)、(塩酸/過酸化水素水)の2段洗浄を行った。この時、前述のように例えば苛性ソーダ等を用いた異方性のエッチング作用の強い、いわゆるアルカリ洗浄は行わないようにする。

【0046】そして、熱処理前洗浄が終わったなら、剥離ウエーハの抵抗率を測定した後、剥離ウエーハにドナーキラー熱処理を施した(図2(D))。熱処理条件は、 $650^\circ\text{C}$ で20分間とした。熱処理後再び剥離ウエーハの抵抗率を測定した。その結果、熱処理前の測定では、剥離ウエーハの裏面抵抗率は400～500 $\Omega\text{cm}$ 、表面抵抗率は3000 $\Omega\text{cm}$ 以上であったのが、ドナーキラー熱処理後においては、表裏面とも当初の抵抗

率である20 $\Omega\text{cm}$ となった。

【0047】次に、図2(E)では、ドナーキラー熱処理が終了した剥離ウエーハに、周辺の段差を除去する研磨を行った。研磨は、通常のシリコンウエーハを研磨する装置および条件と同様にすればよい。本発明では、剥離ウエーハを上下定盤間に挟み込み、定盤を50rpmで相互に逆回転しつつ、500 $\text{g}/\text{cm}^2$ の荷重をかけて、研磨面に研磨スラリーを供給しつつ、剥離面を研磨した。

【0048】この時、研磨の取り代と周辺の段差の高さとの関係を調査した結果を、図4に示した。この図から、研磨代としては1ミクロンも研磨すれば、周辺の段差は充分に除去できることがわかる。

【0049】また、研磨代5ミクロンの周辺の段差除去研磨をした剥離ウエーハの周辺形状を再び触針式粗さ計でスキャンすることによって測定し、その結果を図3

(C)に示した。この図から明らかであるように、剥離ウエーハの周辺部の段差はきれいに除去されており、シリコンウエーハとして充分に再利用可能な周辺形状となっていることがわかる。

【0050】最後に図2(F)において、仕上げ研磨を行い、剥離ウエーハの再処理を終了した。この時、周辺の段差除去研磨と仕上げ研磨との全体での研磨による取り代を、約8ミクロンとなるようにした。そして、仕上げ研磨後の研磨面(剥離面)の表面粗さを位相シフト干渉法により250ミクロン角で測定し、原子間力顕微鏡法により1ミクロン角で再び測定したところ、それぞれRMS値(自乗平均平方根粗さ)で、平均0.25nmと0.19nmであった。この値は、通常の鏡面研磨されたシリコンウエーハの表面粗さと同等であり、著しい改善が図られたことがわかるとともに、この再処理された剥離ウエーハは、シリコンウエーハとして再利用できるものであることがわかる。

【0051】そこで、本実施例では、図2(G)のように、再処理された剥離ウエーハをベースウエーハとして用いた。すなわち、図1(a)のベースウエーハ1として再利用ウエーハを用いた。剥離ウエーハは、もともと8ミクロン厚くしてあったので、再処理後の厚さが、図1(a)で用いるベースウエーハの所望厚さになっている。以後図1の工程にしたがい、水素イオン剥離法によってSOIウエーハを作製した所、問題なく通常通りの高品質SOIウエーハを作製することができた。

【0052】なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。



【0053】例えば、上記では2枚のシリコンウエーハを結合してSOIウエーハを作製する場合を中心に説明したが、本発明は、この場合に限定されるものではなく、シリコンウエーハにイオン注入後に絶縁性ウエーハと結合し、シリコンウエーハを剥離してSOIウエーハを製造する場合に副生する剥離ウエーハに再処理を加えるような場合にも当然に適用可能である。

【0054】また、本発明の剥離ウエーハの再処理工程も、図2に示したものに限定されるものではなく、この工程には、洗浄、熱処理等の他の工程が付加されることもあるし、あるいは一部工程順の入れ替え、省略等が目的に応じて適宜行うことができるものである。

#### 【0055】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、水素イオン剥離法において副生した剥離ウエーハに、適切な再処理を施して、実際にシリコンウエーハとして再利用することができるようになる。すなわち、本発明により、剥離ウエーハで問題となる、ウエーハ周辺の段差、イオン注入によるダメージ層、表面粗さを除去することができ、また剥離熱処理に基づく酸素ドナーの生成

による抵抗率異常の問題も排除することができる。したがって、SOIウエーハの著しい生産性の向上と、コストダウンを図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(h)は、水素イオン剥離法によるSOIウエーハの製造工程の一例を示すフロー図である。

【図2】(A)～(G)は、実施例で採用した本発明の剥離ウエーハを再利用する方法の工程フロー図である。

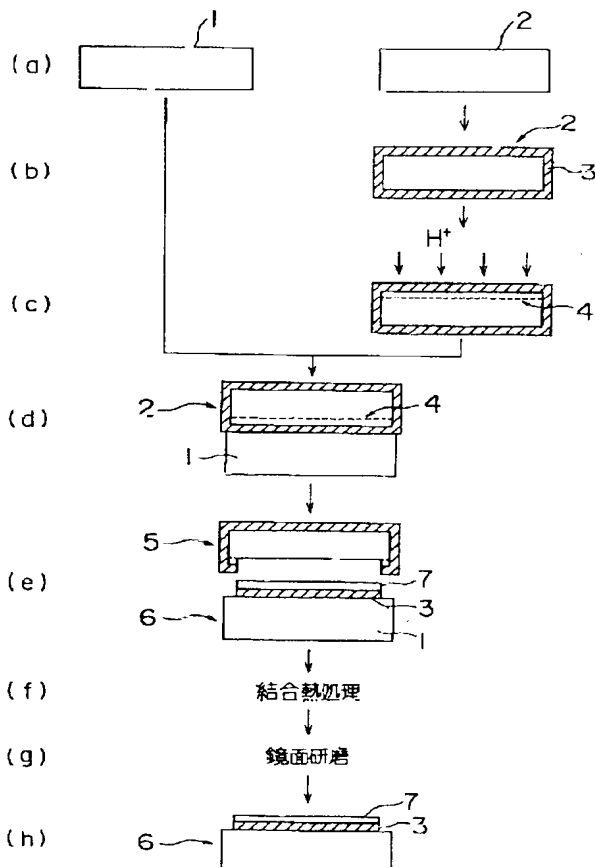
【図3】剥離ウエーハの周辺の段差の測定結果図である。(A)未処理の剥離ウエーハ、(B)酸化膜除去後、(C)周辺段差除去後。

【図4】周辺段差研磨の取り代と段差の高さとの関係を調査した結果図である。

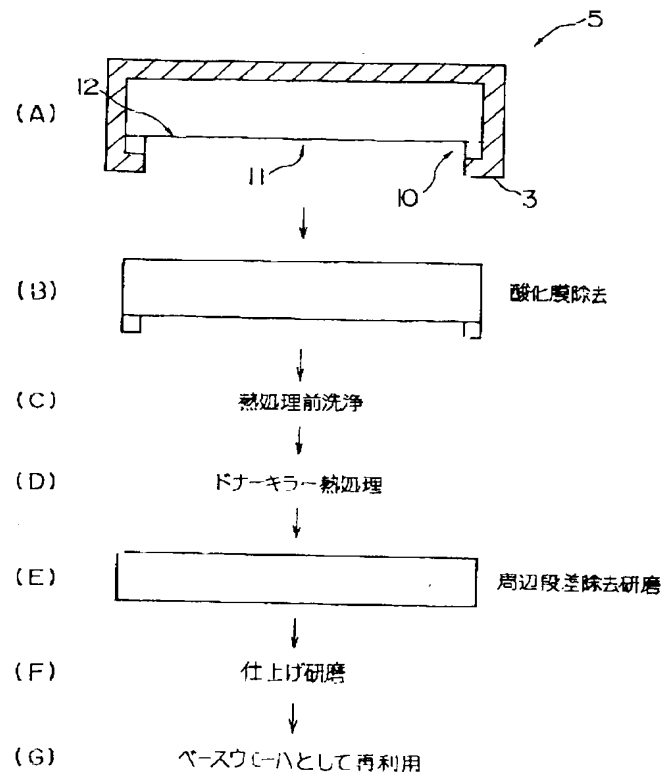
#### 【符号の説明】

1…ベースウエーハ、 2…ボンドウエーハ、 3…酸化膜、 4…水素イオン注入微小気泡層(封入層)、 5…剥離ウエーハ、 6…SOIウエーハ、 7…SOI層、 10…周辺の段差、 11…剥離面、 12…ダメージ層。

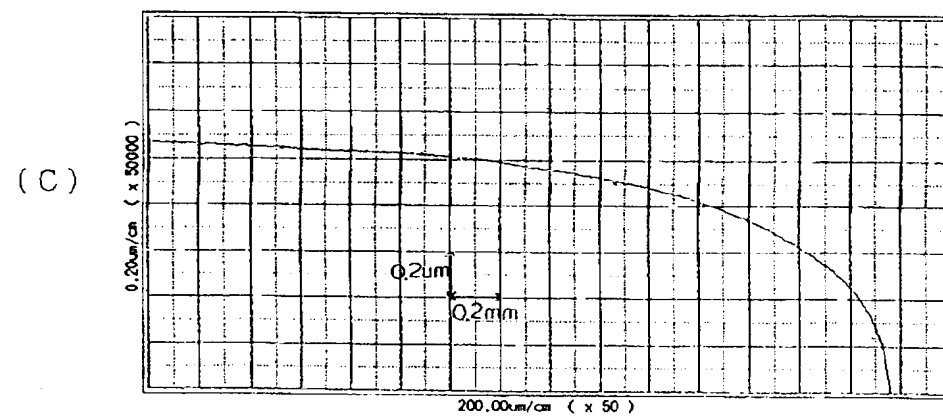
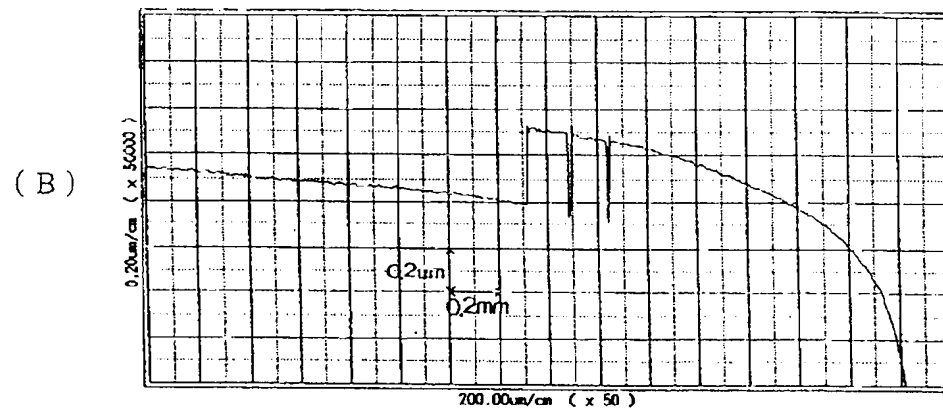
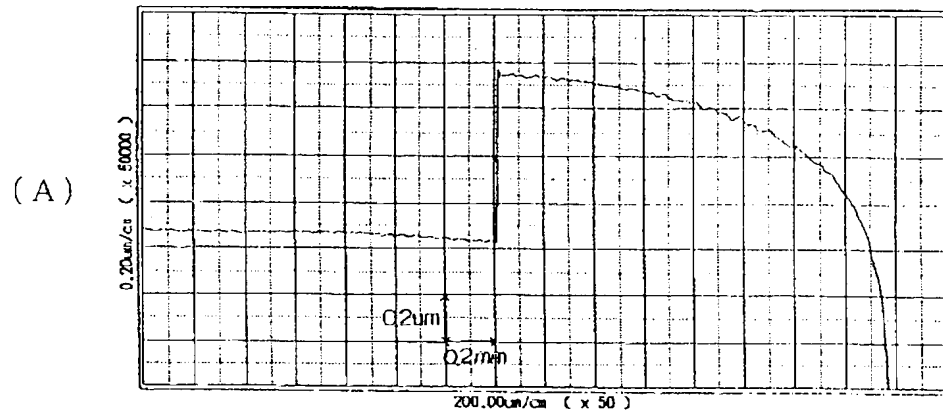
【図1】



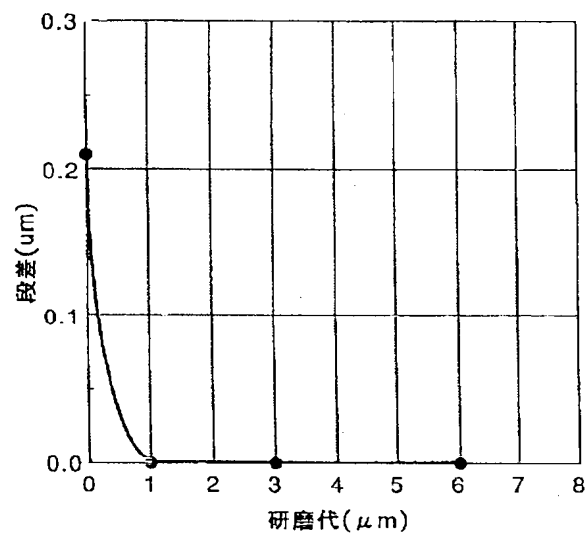
【図2】



【図3】



【図 4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 三谷 清  
群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半  
導体株式会社半導体磯部研究所内

(72)発明者 和田 正衛  
長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子  
工業株式会社内  
(72)発明者 アンドレ ジャック オーバートン ハー  
ブ  
フランス国 38000 グルノーブル フィ  
ルマン グティエ プラサ 1